

LE GISEMENT DES TRAPPISTES PRES DE SEMBRANCHER (VALAIS)

Ronald Chessex et François Rivier

1. GENERALITES

Introduction. Les pages qui suivent sont consacrées à l'étude pétrographique et métallogénique, effectuée en été 1954, du gisement des Trappistes près de Sembrancher, ainsi que des gîtes des Econduits et du Catogne.

C'est notre professeur, M. L. Déverin, qui nous a proposé cette étude et nous le remercions pour ses conseils et suggestions.

M. G. de Weisse, géologue à l'Aluminium S.A., Société concessionnaire de la mine, nous a fait part du résultat de ses recherches et nous a remis toute la documentation relative aux travaux effectués à ce jour. Nous l'en remercions vivement.

Situation géographique. La mine des Trappistes, exploitée d'abord pour sa galène argentifère, puis pour sa fluorine, est située à 1 800 m en aval de la petite ville de Sembrancher (Valais), au confluent des Dranses de Bagnes et d'Entremont, entre le pont qui traverse la Dranse, et la galerie de la Monnaie. Elle se trouve donc sur le versant droit de la vallée, à la même altitude (1 690 m) que la ligne du chemin de fer Martigny-Orsières, et en face du barrage hydroélectrique de l'E.O.S. En cet endroit, la vallée se rétrécit et forme un défilé encaissé entre les parois abruptes du Catogne et du Mont-Chemin.

C'est au sud des rochers formant le sommet du Mont-Chemin, entre le col des Planches et le village de Chemin, que se trouve le filon de la Tête des Econduits, à 1 340 m d'altitude environ.

En face, de l'autre côté de la vallée, dans la paroi N du Catogne, se trouve un grand couloir terminé par un puissant cône d'éboulis. C'est dans ce couloir que se continue le filon des Trappistes.

Situation géologique. Le Mont-Chemin constitue la terminaison NE du massif granitique du Mont-Blanc. Il en est séparé topographiquement par la vallée de la Dranse. La partie orientale du Mont-Chemin, qui nous intéresse directement, est constituée en majeure partie de gneiss, de porphyres quartzifères et d'intrusions aplitiques.

Historique. Nous n'avons pas la prétention de faire une étude historique complète des exploitations et découvertes, les travaux de Wehrli (1921) et Ladame (1935) donnant de nombreux détails à ce sujet.

A l'origine, la mine des Trappistes fut exploitée pour sa galène argentifère. En 1550 déjà, le cardinal Matthieu Schinner en retirait de gros revenus.

Wehrli situe vers l'an 1796 l'arrivée des frères Trappistes, chassés par la Révolution française. Il se pourrait que la galerie de la Monnaie ait été la désignation de la mine avant l'immigration des religieux. Ceux-ci quittent les lieux en 1798, chassés par Napoléon.

Guéymaud, en 1814, parle de chaux fluatée dans un filon de galène près de Sembrancher. C'est le premier à avoir décelé la présence de fluorine aux Trappistes.

Plusieurs concessionnaires se succèdent aux environs de 1850. Gerlach (1871), estime être en présence d'un filon de quartz, barytine et galène. Helbling (1902), visite la galerie supérieure, seule accessible, et confirme la présence de barytine. Schmidt (1920) se fie aux observations de son élève Helbling. Wehrli, en 1918, est le premier à confirmer le diagnostic de Guéymaud et constate que le remplissage filonien se compose de quartz, fluorine et calcite, et non de barytine et feldspath.

Et dès 1918, l'activité reprend aux Trappistes. Une petite usine, un laboratoire, une forge, des magasins et des bureaux s'élèvent sur les anciennes ruines. Dans l'intérieur de la mine, on déblaie toutes les anciennes surfaces qui menaçaient de s'effondrer. On exploite maintenant la fluorine et la galène. Mais la reprise des travaux a exigé la construction de boisages considérables et coûteux. On ne s'est également pas trop soucié de savoir si la quantité de minerai était susceptible de garantir les capitaux engagés. Et en 1920, l'entreprise est en faillite.

La concession est alors mise aux enchères et acquise par M. J. Métral de Martigny. En 1927, elle est achetée par la S.A. des Mines des Trappistes, Genève, qui estime que le gisement contient assez de

réserve pour justifier une exploitation rentable. Mais la dépréciation générale des valeurs métalliques oblige cette société à cesser les travaux en 1932. Tout ce qui représentait quelque valeur fut vendu ou pillé.

En 1941, la mine est remise en exploitation par la S.A. Aluminium. Deux ans sont consacrés aux travaux de recherches, traçages, boisages, déblayements et aménagements extérieurs. En juin 1943, l'extraction reprend. On travaille également sous le niveau hydrostatique, ce qui nécessite l'aménagement d'une pompe et d'un ventilateur. Les travaux cessent en août 1945 par suite de l'épuisement des réserves reconnues. La production de fluorine a atteint 1 400 tonnes.

Actuellement, l'endroit offre un aspect de désolation. On se promène au milieu de ruines. Il est dangereux de s'aventurer dans la mine ; on est d'ailleurs vite arrêté par des éboulements obstruant complètement les galeries.

Le filon de la Tête des Econduits n'offre aucun intérêt économique. Il affleure sur une très courte distance (une centaine de mètres) et le remplissage est essentiellement composé de quartz.

Quant au filon du Catogne, son accès difficile a, jusqu'à maintenant, découragé les plus entreprenants. D'ailleurs, aucune étude systématique du gisement n'a encore été entreprise.

2. ETUDE GEOLOGIQUE

Stratigraphie. L'étude stratigraphique des roches de la région des Trappistes offre peu d'intérêt et ne nous apprend pas grand chose.

Nous sommes dans la couverture métamorphique antémésozoïque du massif du Mont-Blanc.

A l'est, après la terminaison du massif rocheux gneissique, affleurent les roches triasiques des racines des nappes helvétiques supérieures.

Tectonique. Rappelons (Oulianoff, 1943) que le massif du Mont-Blanc a été plissé au moins quatre fois :

1. Le plissement ancien duquel résultent les conglomérats et grès.
2. Le deuxième plissement ancien, avant le Carbonifère supérieur, mais dont l'âge exact n'est pas connu. Pendant cette deuxième phase a eu lieu la mise en place du noyau granitique et de ses apophyses (aplites, pegmatites, filons hydrothermaux). La direction des plis est environ N 15° E.

3. Orogenèse hercynienne, antétriasique. C'est une phase essentiellement mécanique.

4. Orogenèse alpine. Les phénomènes alpins ont bouleversé la tectonique. La direction des plis est N 45° E. En relation avec le plissement alpin, nous avons une minéralisation hydrothermale du type « sécrétion latérale » avec formation de certains minéraux caractéristiques. Il n'y a pas eu d'activité magmatique dans le massif du Mont-Blanc pendant cette phase.

La surélévation du massif est posthelvétienne. Il a été également poussé vers le NW. Les nappes helvétiques ont jailli du synclinal de Chamonix et du bord NE du massif.

Le gisement se trouve dans la partie SE du Mont-Chemin qui a été surélevée par rapport à la partie NW. Une zone mylonitique détermine la région faillée. On l'aperçoit très bien près de Bovermier et on peut la suivre jusqu'au sommet du Mont-Chemin.

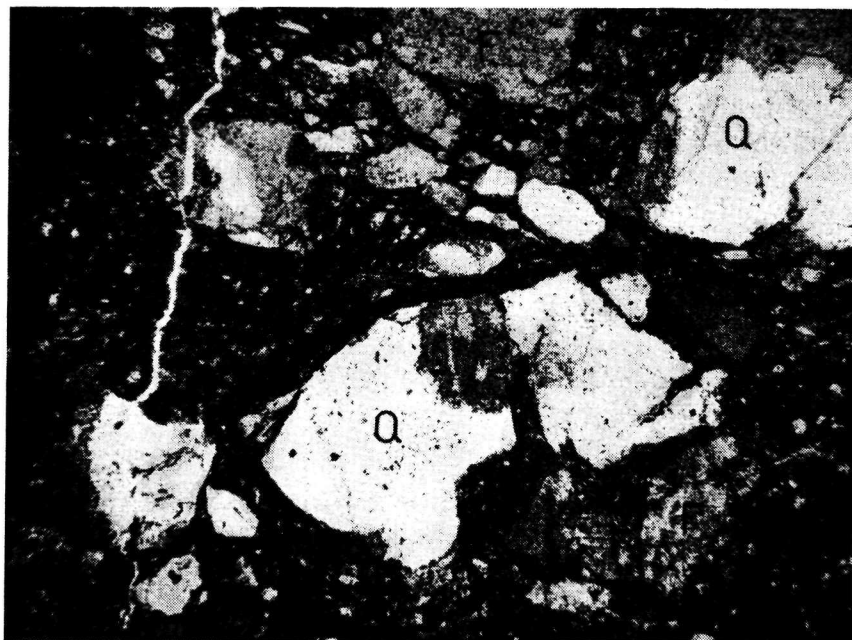
3. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES ENCAISSANTES

Granite. La « protogine » n'affleure pas dans le voisinage immédiat. Les seuls éléments granitiques que nous ayons trouvés étaient localisés dans le grand couloir du Catogne, parmi les roches éboulées. Il s'agit de « protogine » du Mont-Blanc typique.

Porphyre quartzifère. Ces microgranites sont des roches très acides, ayant subi des actions dynamiques manifestes : développement de la schistosité, phénocristaux brisés, séricite et quartz secondaire abondants. Seul le caractère porphyrique permet de les distinguer des schistes et des gneiss séricitiques. Sous le microscope, nous distinguons les minéraux suivants : quartz, orthose, plagioclase (oligoclase), biotite, pris dans une pâte microgranitique à felsitique.

Aplite. Les filons aplitiques se distinguent facilement des gneiss par leur couleur blanche ou vert clair et leur texture massive. Nous y avons déterminé les minéraux suivants : Quartz, orthose, plagioclase, grenat, sphène, apatite, zircon, épidote, séricite, chlorite, calcite (les 4 derniers minéraux sont secondaires).

Pegmatite. Les pegmatites quartzofeldspathiques sont rares aux environs immédiats du filon.



Porphyre quartzifère écrasé (coupe mince). Q : quartz - F : feldspath

Un phénomène intéressant est la transformation des roches encaissantes traversées par les filons aplitiques et pegmatitiques. Les éléments ferromagnésiens semblent avoir été chassés lors de l'intrusion acide, et se sont concentrés au contact ; Ils forment là une zone pouvant atteindre quelques dm. de largeur. Il y a donc eu échange de matière très net, et formation, sur une petite échelle, d'un front basique.

Gneiss. Ce sont les roches les plus répandues dans la zone du filon. Leur couleur est généralement verdâtre, la texture massive à schisteuse.

Nous distinguons plusieurs types de gneiss : la variété la plus fréquente est celle des gneiss séricitiques, contenant toujours une proportion variable de chlorite et d'épidote. Par diminution progressive du feldspath, nous observons tous les termes de passage entre gneiss et schistes.

Il est probable que la plupart de ces roches sont des paragneiss procédant de sédiments plus ou moins marneux.

Amphibolite. Ces roches sont généralement associées à des filons aplitiques ou pegmatitiques. Leur texture rubanée résulte de l'alternance de lits clairs (feldspath et quartz) et de lits foncés, verts à noirs (amphibole). La roche présente parfois une texture nébulitique, prouvant que la « digestion » a été particulièrement intense.

Il est probable que le matériel acide, pénétrant dans la couverture, a digéré complètement des formations de composition plus ou moins calcaire, ou des roches cristallines préexistantes de composition basique. Dans la région étudiée, il ne reste aucun témoin qui permette de trancher la question.

Veines du type alpin. Les veines alpines sont bien connues et ont été l'objet de plusieurs études très détaillées (Niggli, Koenigsberger, Parker, 1941).

Elles ont pour caractères principaux :

- 1) La lixiviation (zones décolorées) des terrains encaissants.
- 2) Relation étroite entre la paragenèse des minéraux et la nature des roches encaissantes.
- 3) La plupart des minéraux se sont déposés entre 350° et 100°.
- 4) Elles sont liées à l'action d'eaux chaudes, sans apport particulier d'éléments de profondeur. Ce sont typiquement des veines du type « sécrétion latérale ». Elles n'ont rien à voir avec les processus qui donnent naissance aux véritables filons hydrothermaux.

Les veines alpines de la région des Trappistes contiennent essentiellement du quartz et, dans une mesure moindre, de l'épidote, de la chlorite, de la trémolite et de la calcite. L'albite, souvent difficile à distinguer du quartz en coupe mince, peut être assez abondante. La pyrite et l'hématite se trouvent en quantité nettement subordonnées.

4. LES MINÉRAUX DU GISEMENT

A. Les minéraux de la gangue.

Quartz. (SiO_2). C'est, de loin, le minéral le plus abondant du filon. Macroscopiquement, il a toujours le même aspect : blanc, éclat gras. Nous distinguons plusieurs générations de quartz :

- 1) Silicification des éponges.
- 2) Quartz grossièrement grenu. C'est généralement un des premiers minéraux filoniens déposés.
- 3) Quartz en cristaux plus petits, lié à la venue de sulfures postérieurs à la fluorine.
- 4) Quartz résultant de l'altération des feldspaths et du dynamométamorphisme postérieur à la formation du filon.

Nous constatons en effet qu'il reste dans le filon de nombreux restes de feldspaths très altérés, prouvant que le remplissage filonien s'est effectué par métasomatose plutôt que par remplissage de fissures largement ouvertes. Ces feldspaths se sont transformés en albite secondaire, en séricite et en quartz, résultant de la mise en liberté de silice lors de la séricitisation et de l'albitisation.

Calcite (CaCO_3). La calcite constitue par endroits la plus grande partie de la gangue, particulièrement dans la partie inférieure de la mine des Trappistes.

Dans le filon du Catogne, elle est rare.

Elle se présente généralement en masses blanches, brunes ou grisâtres contrastant alors avec la blancheur du quartz ou de la fluorine.

Son habitus le plus fréquent est le rhomboèdre.

La calcite est un des premiers minéraux déposés. Dans le filon du Catogne toutefois, elle semble être, le plus souvent, postérieure aux sulfures.

Un phénomène particulièrement intéressant est la pseudomorphose de cette calcite par la fluorine, qui peut prendre des formes rhomboédriques.

Fluorine (CaF_2). Si la fluorine n'est pas le minéral le plus abondant du filon, c'est cependant celui qui a fait la renommée de la mine des Trappistes. C'est en effet le principal gisement de cette matière en Suisse.

Nous savons que cette fluorine a longtemps été confondue avec la barytine, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'elle est incolore et non rose, jaune, verte ou violette.

La fluorine des Trappistes se présente généralement en masses très blanches, parfois un peu jaunâtre ou verdâtre. Elle se distingue du quartz par son clivage (111) toujours bien visible.

Le principal habitus de la fluorine est le cube. Nous venons de voir que la fluorine est postérieure à la calcite qu'elle pseudomorphose parfois. Elle est également postérieure à la plus grande partie du quartz. Les solutions minéralisantes devaient probablement contenir de l'acide fluorhydrique ou du tétrafluorure de silicium qui, en réagissant avec la calcite précipite SiO_2 à côté de CaF_2 . Il est possible également que le fluor ait été transporté sous forme de silicofluorures de Pb, Zn ou Cu. Les silicofluorures sont décomposés par le bicarbonate de Ca, H_2S aidant la précipitation. Il y a alors formation de CaF_2 , SiO_2 et sulfures métalliques.

Qualité de la fluorine. Nous savons qu'une fluorine devant servir pour l'industrie chimique doit contenir moins de 2,5 % de SiO_2 et, également, moins de 2,5 % de CaO_3 , ce qui n'est généralement pas le cas de la fluorine des Trappistes, qui contient souvent une assez forte proportion de quartz. Le prix de revient de cette fluorine étant d'autre part élevé, il n'a pas été possible d'installer des appareils de triage perfectionnés.

B. Les sulfures.

Galène (PbS). La galène est de loin, dans la mine des Trappistes, le sulfure le plus abondant. Dans le filon du Catogne en revanche, il semble qu'elle soit en quantité légèrement inférieure à celle de la blende.

Elle se présente, soit en cubes avec clivage (001) parfait, soit en masses assez finement cristallisées. Elle se repère aisément grâce à son éclat métallique et à sa couleur gris de plomb. Elle est souvent affectée, dans les parties exposées à l'air, d'une ternissure gris terne.

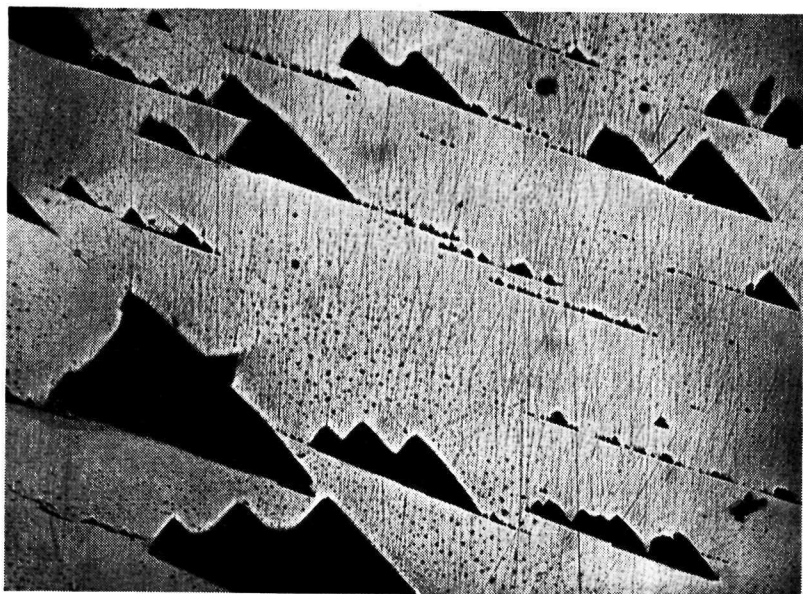
La galène a subi des actions mécaniques manifestes. Les cubes sont souvent étirés et tordus.

Nous pouvons mentionner d'autre part, que cette galène possède une teneur appréciable en argent, 1 kg. par tonne environ.

En coupe polie, la galène se présente en masses blanches ayant un pouvoir réflecteur élevé. Les surfaces polies sont souvent couvertes de figures d'arrachement triangulaires dues aux clivages.

La galène s'altère tout d'abord en anglésite (PbSO_4) par action des eaux superficielles chargées en H_2SO_4 .

L'anglésite est attaquée à son tour et se transforme en cérusite (PbCO_3).



$\frac{1}{2}$ mm

Coupe polie de galène (PbS) montrant les figures d'arrachement dues au clivage.

Blende (ZnS). Ce minéral est bien représenté dans le filon du Catogne. Dans le filon des Trappistes par contre, il n'apparaît qu'en très petites quantités.

La blende est toujours finement cristallisée et réalise rarement ses formes cristallines. Sa couleur varie du brun foncé au jaune miel. Les éléments mineurs que contient la blende sont particulièrement intéressants, nous en parlerons au chapitre suivant.

Les minéraux d'altération de la blende sont les suivants : smithsonite (ZnCO_3), hémimorphite (silicate de Zn), greenockite (CdS). Ce dernier minéral a été déterminé pour la première fois, à la mine des Trappistes, par M. G. de Weisse.

Chalcopyrite (CuFeS_2). Ce minéral est peu répandu. Il apparaît généralement en très petits cristaux jaunes associés, soit à la pyrite, soit en inclusions dans la galène.

Le principal minéral formé aux dépens de la chalcopyrite est la malachite (carbonate de Cu) qui forme un enduit vert sur le sulfure.

En coupe polie, nous avons également déterminé de la chalcosine (Cu_2S), en très petites quantités toutefois.

Pyrite (FeS_2). La pyrite est fréquente dans les épontes où elles se trouve en petits cristaux cubiques recouverts le plus souvent d'une pellicule d'hématite ou de limonite.

La pyrite se concentre également au contact du filon et de la roche encaissante, où elle semble être un des premiers minéraux déposés.

D. Les épontes.

La roche encaissante a subi une transformation chimique parfois profonde au contact du filon. Elle devient généralement verte, se charge de silice, de séricite, de pyrite et localement d'épidote.

En certains endroits, il y a également formation d'une salbande constituée par une matière argileuse appartenant probablement au groupe du kaolin. Ce dernier minéral se forme lors de l'attaque des silicates alcalins par les eaux acides.



1/2 mm

Coupe polie de blende (ZnS). Structure développée par attaque au $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ conc. Apparition de macles polysynthétiques (111)

5. ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE DE LA BLENDE

Dans le but de déterminer les éléments entrant en moindre proportion dans la blende du gisement des Trappistes, nous avons fait une analyse spectrographique de ce minéral. Les éléments mineurs sont importants par la contribution qu'ils apportent à la géochimie et à la genèse de la blende.

C'est sous l'impulsion et grâce à l'appui de M. Lorétan, chef de travaux au laboratoire de minéralogie et de pétrographie de l'Université de Lausanne que nous avons pu effectuer ce travail.

M. Lorétan nous a mis en relation avec M. Perrochon, directeur de l'Usine du Magnésium à Martigny. Ce dernier nous a très aimablement accueillis et nous a confiés à M. Puenzieux, qui nous a initiés à l'emploi du spectrographe Zeiss Q 24. Il nous a sacrifié deux journées de travail et c'est grâce à son dévouement et à sa compétence que nous avons pu mener notre travail à bien.

Nous remercions donc MM. Perrochon, Lorétan et Puenzieux grâce auxquels nous avons pu effectuer ce travail.

Nous avons employé comme procédé d'excitation, l'arc entre électrodes de graphite. Nous avons également fait un spectre d'étincelle, mais ce moyen s'est révélé beaucoup moins sensible. La portion du spectre étudiée s'étend de 2200 \AA à 4400 \AA environ.

Avant de passer à l'interprétation des résultats, examinons de quelle manière les éléments mineurs se trouvent répartis dans les minéraux.

- 1) Ils constituent de simples impuretés, retenues entre les grains (amorphes ou cristallins) de la matière.
- 2) Ils constituent encore de simples impuretés, mais celles-ci sont retenues dans les lacunes de la structure cristalline, sans faire partie de ce dernier.
- 3) Ils sont incorporés à la structure cristalline, dont ils remplacent tel élément essentiel si leur rayon ionique et leur charge effective s'y prêtent. C'est ce dernier cas qui est le plus favorable à une systématisation des faits observés.

Signalons toutefois que la règle de Goldschmidt (substitution possible entre 2 éléments si les rayons ioniques diffèrent entre eux de 15 % au plus, par rapport au plus petit) s'applique aux liaisons ioniques et non aux liaisons covalentes et métalliques des sulfures.

Les éléments mineurs sont en relation avec :

1. Le caractère chimique des solutions minéralisantes.
2. La province métallogénique à laquelle appartient le gisement.
3. La température de cristallisation du minéral considéré.
4. L'évolution ultérieure du minéral après son dépôt.

Pour Waren et Thompson (1945), la province métallogénique l'emporte en importance. Ils citent le cas des blendes de Colombie britannique qui ne contiennent pas de germanium, tandis que cet élément est un des principaux compagnons du Zn.

Pour la plupart des auteurs (Fleischer 1955, Kutina 1950, etc.), la concentration en éléments mineurs dépend principalement de la concentration primaire de ces éléments dans les fluides minéralisants, ce qui est parfaitement logique.

Fletcher et Fryklund (1956) prétendent que la température n'a aucune influence sur la distribution des éléments tracés. La principale raison de cette façon de voir est que la concentration d'équilibre des éléments mineurs n'a pas été atteinte. Ceci est certainement vrai dans un certain nombre de cas.

Cependant, toutes les observations faites jusqu'à ce jour nous prouvent que la teneur en fer est plus élevée (généralement supérieure à 6 %, Simons 1955) dans les blendes hypothermales (cristallisées entre 300° et 400° environ) que dans les blendes épithermales (au-dessous de 175°) où la teneur en fer est souvent inférieure à 1 %. L'évolution du manganèse est parallèle à celle du fer, les teneurs étant toutefois moins élevées (exceptionnellement au-dessus de 1 %).

En dehors du fer et du manganèse, les principaux éléments inclus chimiquement (incorporés au réseau cristallin) dans la blende sont le cadmium (présent dans tous les échantillons), le germanium, le gallium et l'indium (ces deux derniers éléments ont d'ailleurs été découverts dans le sulfure de zinc).

On remarque généralement que plus la température de dépôt est basse, moins le nombre d'éléments mineurs est grand. Ceci s'explique par le fait que les substitutions sont plus faciles à haute qu'à basse température.

Les blendes recristallisées et les minéraux secondaires de zinc contiennent moins d'éléments traces que les blendes primaires. On remarque qu'il y a, après chaque cycle de mise en solution et de recristallisation, une purification des minéraux sulfureux. Les solutions mé-

téoriques provoquent en effet une dissolution sélective des sulfures contenus dans les roches à travers lesquelles elles circulent.

Nous avons décelé les éléments suivants dans la blende des Trappistes : Zn, Fe (environ 3 %), Mn, Cd, Ge, Ga, In, Sn, Co, Ag, Pb, Cu, Si, Ca, Mg.

Nous ne tirerons aucune conclusion définitive de cette détermination qui n'est d'ailleurs que qualitative. Toutefois, la teneur en fer de notre blende nous fait penser qu'elle appartient au domaine mésothermal (cristallisée entre 175° et 300°), ce que d'autres observations confirment d'ailleurs.

6. CARACTERES CHIMIQUES DU GISEMENT

Après avoir étudié les minéraux en détail, essayons d'opérer une synthèse et de déterminer dans quel ordre se sont déposés ces minéraux.

L'activité filonienne a commencé par une silicification et une pyritisation des roches encaissantes.

L'étude des coupes minces et des coupes polies de minerais ainsi que l'observation du filon sur le terrain nous montrent que le quartz est généralement le premier minéral filonien déposé. Il est associé à des sulfures, dont la cristallisation a commencé localement avant celle du quartz. Ces sulfures se sont déposées dans l'ordre suivant : pyrite, chalcopryrite, blende, galène. De la calcite accompagne ces différents minéraux ; son dépôt est soit antérieur, soit postérieur à celui des sulfures.

La fluorine a cristallisé en grande partie, aux dépens des minéraux antérieurement formés (quartz et calcite surtout). Elle remplit généralement la partie centrale du filon (lorsque le filon est zoné).

Nous avons en dernier lieu une nouvelle venue de sulfures, accompagnés d'un peu de quartz, qui s'infiltrent dans les fissures des minéraux préexistants et les remplacent plus ou moins complètement.

Il est évident que ces venues successives ne sont pas rigoureusement séparées dans le temps, et qu'elles empiètent les unes sur les autres.

Répartition en intensité de la minéralisation. Nous pouvons subdiviser notre gisement en deux zones : le filon des Trappistes et celui du Catogne, situé dans une zone un peu plus interne par rapport au massif granitique du Mont-Blanc.

Nous ne tenons pas compte de la minéralisation essentiellement quartzreuse de la Tête des Econduits qui est de peu d'importance.

Filon des Trappistes. Donnons une analyse moyenne du tout-venant à l'abatage (Ladame 1935). SiO_2 38,60 ; CaCO_3 23,40 ; CaF_2 13,95 ; Fe_2O_3 9,40 ; PbS 2,45 ; MgO 4,52 ; Al_2O_3 3,51 ; FeS_2 1,53 ; H_2O 1,73 ; ZnS traces.

On voit que le quartz est, de loin, le minéral le plus important. La proportion de fluorine n'atteint pas 14 %. Ceci peut s'expliquer par le fait que les masses paraissant, de visu, composées uniquement de fluorine, contiennent toujours une certaine quantité de quartz, qui remplit les fissures de la fluorine, souvent très broyée.

Filon du Catogne. Nous n'avons pas d'analyses provenant du filon du Catogne, mais nous pouvons tout de même nous faire une idée des proportions des minéraux du filon.

Le quartz s'y trouve en proportion sensiblement égale à celle des Trappistes.

La fluorine ne paraît pas être plus abondante au Catogne qu'aux Trappistes.

La calcite est nettement moins abondante au Catogne.

Les relations quantitatives entre la blende et la galène sont les plus intéressantes. Nous avons vu qu'aux Trappistes, la galène dominait nettement. Or, dans le filon du Catogne, la blende se trouve en quantité égale ou même légèrement supérieure à celle de la galène. Cette répartition est conforme à la règle qui veut que, dans la plupart des gisements plumbozincifères, la proportion blende/galène augmente avec la profondeur ou lorsqu'on pénètre dans le massif éruptif en relation avec la minéralisation.

7. CARACTERES PHYSIQUES DU GISEMENT

A. *Forme et allure du gisement*

Nous sommes, sans équivoque possible, devant un gisement filonien. Le gîte est du type filon-couche. Sa direction, N 45° E, est la même que celle des gneiss. Le filon est généralement subvertical et son pendage varie de 60° à 90° vers le SE.

Le filon peut se suivre sur une grande distance. Si l'on suppose que, des Trappistes, il se continue sous les dépôts quaternaires pour rejoindre le filon du Catogne, qui est exactement dans la prolongation de celui des Trappistes, son extension horizontale serait de 1250 m. environ.

Le point le plus bas de la mine des Trappistes est environ à 680 m. Au Catogne, nous avons suivi le filon jusqu'à l'altitude de 1460 m. L'extension verticale serait donc de près de 800 m.

Vu en grand, le filon présente donc une grande régularité. Examiné dans le détail, il en va un peu autrement. Il ne se présente jamais d'une façon identique sur plus de 30 à 40 m. Le remplissage est souvent lenticulaire. Ce sont d'ailleurs ces lentilles qui ont produit la plus grande partie de la fluorine. Elles peuvent atteindre environ deux mètres d'épaisseur et avoir une longueur de 20 à 30 m.

La plupart du temps, le filon se présente en une alternance de matériel filonien et de fragments d'épontes repris dans la veine, démontrant que la minéralisation n'est pas fait simplement par un unique remplissage progressif d'une fissure ouverte. L'épaisseur varie généralement entre 0,5 et 1,5 m.

En d'autres endroits, le filon se ramifie en deux ou trois filonnets qui atteignent rarement 0,5 m d'épaisseur.

Certaines zones sont particulièrement écrasées, démontrant par là que le filon a certainement subi des actions tectoniques.

B. *Nature de la minéralisation.*

1) *Remplissage filonien de fissures ouvertes.* La fente, produite par un mouvement tectonique, a été ensuite progressivement remplie par une série de précipitations dues à des actions thermales effectuées sur les lèvres de la cassure. La preuve en est donnée par la texture zonaire qu'affecte parfois le filon. On remarque que ce mode de remplissage se fait principalement là où le filon est simple, où il n'y a pas de nombreux fragments d'épontes pris dans la gangue. La minéralisation semble s'y être effectuée tranquillement et sans heurt.

En de nombreux points subsistent dans la masse du filon des lambeaux de roches encaissantes possédant la même orientation que les épontes. On peut en déduire que le filon ne s'est pas constitué par remplissage de cavités largement ouvertes, mais plutôt par infiltration et métasomatose le long des feuillet de gneiss. Les renflements locaux lenticulaires sont les endroits où le décollement des strates atteignait la

plus grande ampleur, et probablement aussi les zones les plus favorables aux remplacements.

2) *Phénomènes de métasomatose*. On remarque que dans la plupart des gisements filoniens, remplissage et remplacement coexistent, et que l'on a rarement l'un sans l'autre.

Dans notre gisement, les phénomènes de substitution ont certainement joué un rôle important.

Le remplacement de la calcite par la fluorine est particulièrement net, aussi bien à l'échelle macro — que microscopique. Puis le remplacement de cette fluorine par du quartz est aussi très net, mais à l'échelle microscopique seulement. En effet, de grandes masses semblant constituées uniquement par de la fluorine contiennent souvent une forte proportion de quartz.

Les phénomènes de métasomatose sont également très nets dans les épontes : silicification, pyritisation, séricitisation, etc.

Les sulfures postérieurs à la fluorine semblent être le produit et d'une substitution, et d'un remplissage. Il n'est pas rare de voir la galène et la blende pénétrer dans les cassures ou le long des plans de clivage de la fluorine. Il est possible qu'une phase mécanique se soit produite entre le dépôt de la fluorine et celui des sulfures.

Ailleurs, nous avons des mouchetures de galène et de blende. Elles sont isolées dans la fluorine et paraissent être le produit d'une métasomatose.

De beaux cubes de pyrite se sont aussi manifestement développés par substitution.

C. *Liaison avec les roches encaissantes.*

La minéralisation s'est effectuée essentiellement au sein des gneiss formant la couverture métamorphique du massif du Mont-Blanc. Le filon se trouve aussi parfois dans les porphyres quartzifères qui, sur le terrain, sont souvent très difficiles à distinguer des gneiss. Ces porphyres, sous l'effet du métamorphisme, se sont souvent transformés en roches gneissiques.

On ne remarque aucun changement de nature, soit physique, soit chimique, suivant que le filon traverse les gneiss ou les porphyres.

Nous avons vu que nous avions à faire à un filon-couche. Les solutions ont en effet suivi la direction de moindre résistance.

Les propriétés chimiques des roches ne paraissent pas avoir eu une grande influence sur la minéralisation. Il est cependant probable qu'une partie du quartz filonien a été prise à la roche encaissante. La séricitisation (des feldspaths principalement), qui a accompagné la minéralisation, libère une certaine quantité de silice.

Le carbonate a certainement été emprunté aux roches calcaires, dont il reste de nombreux témoins dans le massif du Mont-Blanc, mais qui sont souvent complètement granitisées.

8. GENESE ET AGE DU GITE

Il n'est pas possible d'affirmer avec certitude l'âge du gisement des Trappistes.

Pour Ladame (1935), le gîte est alpin, plus précisément postalpin. Il se fonde sur le fait que les minéraux, tels la galène et la fluorine, sont bien conservés et n'ont pas subi de transformations mécaniques. C'est l'unique argument que Ladame peut avancer.

Il nous semble que les arguments en faveur d'une origine anté-alpine, probablement permocarbonifère, sont plus nombreux et ont plus de poids. Résumons les :

Ce gisement est typiquement hydrothermal primaire. Il nous paraît être en relation avec la mise en place du massif du Mont-Blanc. Nous savons en effet que pendant l'orogénèse alpine, il n'y a pas eu d'activité magmatique proprement dite dans ce massif. Les gisements alpins sont du type « sécrétion latérale ». Nous avons vu leurs caractéristiques auparavant.

Or notre gisement se présente tout à fait différemment. Sa puissance, sa régularité (considéré en grand) et sa continuité nous obligent à le considérer comme typiquement hydrothermal.

Il a en effet une extension horizontale de 1250 m environ et une extension verticale de près de 800 m, ce qui est beaucoup dans les Alpes.

Contrairement à ce que prétend Ladame, les minéraux du gisement, comme ceux des roches encaissantes, ont subi d'intenses efforts tectoniques. Il n'est pas rare de voir des empilements de cubes de galène tordus. Les macles de la calcite sont souvent fortement ondulées. Quant à la fluorine, il est rare que l'on observe ses forme cristallines ; elle est

en général intensément cataclasée. Dans le filon du Catogne, nous n'avons pas observé un seul cube. Elle est souvent réduite en une mosaïque de petits fragments se débitant facilement.

On constate que notre filon est recoupé par des veines du type alpin qui lui sont donc postérieures.

Le filon ne pénètre pas dans les roches sédimentaires mésozoïques des racines des nappes helvétiques. Par contre, en direction du Catogne, il s'enfonce en direction du noyau gratinique, semblant prouver par là qu'il est en relation génétique avec la mise en place du granite ou la granitisation (selon l'hypothèse que l'on envisage quant à l'origine du granite).

Pour Huttenlocher (1934), le gisement des Trappistes serait dû à l'action de solutions minéralisantes hercyniennes. Il y aurait eu en premier lieu (dans les massifs hercyniens en général), formation de gîtes pneumatolytiques (Mont-Chemin), puis des gisements pneumatolytiques-hydrothermaux (dépôts d'Au, mispickel et loellingite comme à Salanfe) et enfin des gisements hydrothermaux (fluorine, barytine, BGP, etc.).

Signalons que N. Oulianoff, lorsqu'il donne les raisons pour lesquelles les Alpes sont pauvres en gîtes métallifères exploitables (1943), sous-entend que tous les gisements primaires (filoniens), sont d'âge hercynien. Pour cet auteur, ce sont les actions tectoniques répétées qui sont les causes d'appauvrissement de ces gisements. La matière des gisements postérieurs serait empruntée à celle des gîtes hercyniens, ce qui en fait des gisements régénérés.

Les caractéristiques de ces gisements régénérés sont les suivants : (Schneiderhöhn, 1952).

- 1) Ils sont généralement épithermaux.
- 2) La blende de ces gisements a une teneur en Fe et en Mn très faible, sinon nulle. Ce fait avait déjà été mis en avant par Huttenlocher.
- 3) La galène est très pauvre en argent, contrairement aux galènes hercyniennes qui en contiennent souvent une proportion appréciable.
- 4) Les filons authentiques sont très rares. Il s'agit généralement de zones d'imprégnation, de brèches ou de zones de friction minéralisées, ou encore de couches ou d'amas de substitution développés sans aucune règle.

- 5) Les gisements plumbozincifères contiennent presque toujours, à côté de la fluorine, de la barytine.

Nous pouvons constater que notre gisement ne possède aucune de ces caractéristiques.

Conclusion. Il faut toutefois admettre qu'il manque une preuve irréfutable pour assigner un âge précis à notre gisement. Mais nous pensons, après ce que nous venons de voir, qu'il est probablement permocarbonifère et non postalpin.

9. TYPE DE GISEMENT

Classification du gîte suivant le schéma de Niggli-Schneiderhöhn.

Cette classification est la plus complète qui ait été proposée à ce jour. Il est par conséquent assez difficile d'y faire entrer un gisement particulier.

Niggli (1941) subdivise les gisements Pb-Zn en 5 groupes, chacun de ces groupes étant défini par une combinaison particulière de 5 facteurs énumérés ci-dessous. Les caractéristiques s'appliquant à notre gisement sont indiquées en italique.

1. *Température à l'époque de la minéralisation* : haute, moyenne, basse. Ce qui revient à dire que notre gîte est mésothermal (minéraux déposés entre 175° et 300° environ).

Il n'existe évidemment aucune preuve directe. C'est en faisant des comparaisons avec d'autres gisements du même type, bien étudiés, et en nous basant sur les recherches physicochimiques concernant les minéraux des gîtes métallifères, que nous arrivons à serrer le problème autant qu'il est possible de le faire.

2. *Position de départ des solutions relativement aux roches dont elles sont issues* : plutonique, subvolcanique, volcanique. Nous ne connaissons aucune roche volcanique dans le massif du Mont-Blanc, constitué essentiellement de granite. Les porphyres quartzifères sont assez abondants dans la bordure orientale du massif.

3. *Etat physicochimique des solutions minéralisantes* : orthomagmatique, pneumatolytique, hydrothermal. Notre gisement est typique-

ment hydrothermal. L'association des minéraux présents dans le gisement nous indique que la température de dépôt était certainement inférieure à la température critique de l'eau (env. 370°).

4. *Lieu de formation du gîte en rapport avec l'éloignement du foyer magmatique* : intra -, péri -, apo -, télémagmatique.

Notre gisement se trouve nettement à l'extérieur du massif granitique, dans la couverture métamorphique gneissique.

5. *Lieu de formation du gisement par rapport à la surface du sol* : abyssique, *hypoabyssique*, épicrostal, subaquatique, subaérien.

Nous ne connaissons pas la profondeur exacte à laquelle le gisement s'est formé. Cependant, par analogie avec des gîtes du même type, on peut affirmer que cette profondeur était probablement supérieure ou égale à 2 km.

10. DESCRIPTION DES FILONS

La mine des Trappistes. Ce filon a été attaqué perpendiculairement par trois travers-bancs superposés. Le premier est à 682 m. d'altitude, au même niveau et à proximité de la route et du chemin de fer. Une telle situation est exceptionnelle, le minerai extrait pouvant être chargé directement sur wagon et ne nécessite donc aucun transport.

Ce travers-banc mesure 142 m. Son entrée se trouve au-dessus des bureaux de la mine. Jusqu'à 61 m., la galerie est située sous l'éboulis. Au bout de 114 m., elle rencontre le filon de fluorine orienté N 45° E, comme la roche encaissante constituée de gneiss lardés de filonnets de quartz stérile ; on a également des porphyres quartzifères très écrasés et recristallisés. Le pendage du filon est de 60° vers le SE. On a poursuivi l'avancement en vue de recouper un second filon de fluorine, mais l'on a rencontré que quelques filons quartzeux.

La galerie principale d'exploitation a attaqué le filon à l'ouest et à l'est. L'aile SW mesure environ 30 m. Elle aboutit au quartier I, situé sous le niveau hydrostatique. Actuellement cette partie de la mine n'est plus accessible. L'aile NE compte environ 80 m. Mais au bout de 40 m. environ, la galerie est complètement bouchée par un effondrement. Quelques mètres auparavant, on peut atteindre une petite galerie

située 5 m. au-dessus de la galerie principale. De là, une cheminée mène au travers-banc médian.

Comme tout le minerai a été raclé, les observations que nous pouvons faire dans la mine sont très fragmentaires. Toutefois, on peut se rendre compte, dans ce qu'il reste, que la fluorine n'atteint jamais plus de 1 m. d'épaisseur et que sa puissance réduite doit être de l'ordre de 0,1 à 0,2 m.

L'exploitation s'est faite par la méthode classique des gradins renversés. Les épontes ayant en général une mauvaise tenue, on a dû boiser sur de grandes distances. Les irrégularités du filon font que le remblayage ne suit pas la marche du dépilage. Lorsque le filon ne mesurait que 0,3 m., il fallait évacuer l'excès de remblais. Lorsqu'il atteignait 1 m. et plus, le stérile était insuffisant pour combler les vides. D'autre part, une exploitation rationnelle était devenue presque impossible du fait que les premiers travaux avaient été faits sans aucun plan.

La galerie médiane est située à 719 m. d'altitude. Elle a une longueur de 230 m. et suit continuellement le filon. Sa direction est NE-SW. On y parvient soit par la cheminée, soit par un travers-banc dont l'entrée est maintenant complètement obstruée par un effondrement, aussi ne l'avons-nous pas visitée.

La galerie supérieure est à l'altitude de 753 m. On atteint le filon par un travers-banc mesurant 13 m. Près du croisement, vers le NE, débouche la grande cheminée, impraticable maintenant, les échelles qui restent étant pourries. Au SW, la galerie mesure 26 m. et a 6-8 m. de hauteur. Le filon a environ 1 m. d'épaisseur.

A 795 m., 40 m. en-dessus de la galerie supérieure, on retrouve le filon à l'affleurement. Il se pince rapidement 5 m. plus haut. A cet endroit, il y a une galerie en pente, très étroite, qui doit rejoindre la galerie supérieure.

Quantité de fluorine exploitable. Wehrli (1921), en 1918, estimait la quantité de fluorine exploitable à 25 000 tonnes, celle de galène à 2 250 tonnes.

Ladame (1935), en 1930, estime que le tonnage probable de la fluorine est de 40 000 tonnes.

Lorsque l'Aluminium S.A. a repris les travaux en 1941, M. G. de Weisse a estimé le tonnage restant de CaF_2 à 7 500 tonnes. Seule la galerie inférieure a été exploitée. La production totale a atteint 1 400 tonnes pour une production prévue de 1 500 tonnes.

Le filon de la Tête des Econduits. Nous avons vu que deux anciennes galeries avaient été découvertes sur le versant sud de la Tête des Econduits, juste sous le sommet.

Le filon affleure sur 100 m. environ. La galerie E recoupe en travers-banc les gneiss et le filon. L'épaisseur de la fluorine n'atteint pas un mètre et elle contient presque toujours une assez forte proportion de quartz. On trouve quelques mouchetures de galène dans la gangue. La roche encaissante est ici particulièrement écrasée et laminée, ce qui peut s'expliquer par le fait que nous sommes à proximité de la zone mylonitique qui se dirige en direction de Bovernier.

Ce filon n'offre aucun intérêt économique et les travaux en sont toujours restés au stade des recherches, stade définitif semble-t-il.

Le filon du Catogne. Ce filon est situé dans le grand couloir, délimitant probablement une zone faillée, s'élevant dans la face nord du Catogne (photo 1). Il débute à l'altitude de 1020 m., juste en-dessus du grand cône de déjection dépendant de ce couloir. La veine mesure en cet endroit 0,9 m. Elle est située sur le flanc W du Châble et a une direction N 40° E. La teneur en blende est particulièrement élevée.

A 1230 m., nous avons une lentille, de 10 m. de longueur environ, où l'épaisseur de la fluorine atteint 1 m. à 1,2 m. (photo 1). Les épontes sont toujours des gneiss séricitiques et chloriteux verts, plus ou moins chargés de quartz. Le filon se poursuit tantôt sur le bord W, tantôt sur le bord E du couloir. Son épaisseur est assez irrégulière. Parfois, il se ramifie en deux ou trois filonnets dépassant rarement 0,5 m. de puissance.

De gros blocs éboulés, pris entre les parois, rendent l'ascension difficile. A 1 275 m., le filon (0,6 m. d'épaisseur) a une direction N 50° E et un pendage de 80° vers le SE.

A partir de 1320 m., le filon dépasse rarement 0,5 m. de puissance. A 1 400 m., le filon a une direction N 35° E. A 1 420 m., le filon ne dépasse plus 0,2 m. de largeur.

A 1 460 m., il ne contient plus que du quartz et sa direction est de N 60° E.

A partir de 1 500 m., on n'observe plus rien. Le couloir se ramifie et devient extrêmement raide. Des parois verticales et des surplombs nous empêchent de poursuivre l'ascension. Il ne semble d'ailleurs pas que l'on trouve le filon plus haut.



Le filon du Catogne.

Vue prise à 1230 m. en direction du NE. A l'arrière-plan, la mine et le filon des Trappistes.

Réserves du filon. Nous n'avons pas fait de mesures systématiques aux fins d'évaluer la quantité de fluorine qui serait exploitable. Les mesures faites uniquement en surface ne peuvent d'ailleurs pas nous donner de renseignements très précis.

Ladame a supposé que la puissance réduite de la fluorine était 0,7 m., ce qui nous paraît nettement exagéré. L'épaisseur moyenne du filon n'atteint en effet même pas cette valeur. Quant à la puissance réduite de la fluorine, elle nous paraît être inférieure à 0,2 m. On s'aperçoit d'ailleurs en coupe mince que les portions qui semblent riches en fluorine contiennent toujours une certaine proportion de quartz.

Ladame a estimé le tonnage probable de fluorine à 211 500 tonnes. Il a admis une puissance réduite de 0,7 m., de 1 000 à 1 450 m. d'altitude et une déclivité moyenne de 45°. Il a calculé le volume d'un prisme triangulaire dont la base est un triangle rectangle isocèle de côté adjacent à l'angle droit = 450 m. En faisant ce calcul, on suppose que le filon se continue en profondeur de façon à remplir entièrement ce prisme, ce qui n'est pas certain *a priori*.

En supposant toutefois une puissance réduite de 0,2 m., nous arrivons, par le même calcul à un tonnage de 60 215 tonnes, ce qui ne justifierait pas, à notre avis, sauf en cas de très haute conjoncture économique, les installations coûteuses qu'il faudrait construire à cause de l'endroit vraiment peu propice à une exploitation.

Le prix de revient de la fluorine, déjà élevé aux Trappistes, le serait encore plus au Catogne, le filon ne semblant pas plus riche et étant d'accès beaucoup plus difficile.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- CHERMETTE, A., 1954. — Le spathfluor français. *Echo min. mét.* Paris, No 3469.
- CLAUSSEN, G. E., 1934. — Spectroscopic analysis of certain galenas, sphalerites and pyrites. *Amer. Min.*, vol. 19, pp. 221-223.
- DUPARC, L., PEARCE, F., 1897. — Les porphyres quartzifères du Val Ferret. *Arch. Sc. phys. nat.* Genève, t. 4.
- EVARD, P., 1943. — Premiers résultats d'une étude spectrographique des sulfures de Moresnet, Engis et Vedrin. *Bull. Sc. Acad. Roy. Belgique*.
- FLEISCHER, M., 1955. — Minor elements in some sulfide minerals. *Econ. Geol.* 50th. ann. vol., part 2, pp. 970-1024.
- FRYKLUND, V. C., FLETCHER, J. D., 1956. — Geochemistry of sphalerite from the Star Mine, Cœur d'Alène district, Idaho. *Econ. Geol.*, vol. 51, pp. 223-247.
- GERLACH, A., 1871. — Das südwestliche Wallis. *Mat. carte géol. Suisse*, livr. 9.
- GRATON, L. C., HARCOURT, G. A., 1935. — Spectroscopic evidence on origin of ores of Mississippi-Valley type. *Econ. Geol.*, vol. 30, pp. 812-824.
- HELBLING, R., 1902. — Die Erzlagerstätten des Mont-Chemin bei Martigny im Wallis. *Inaug. Diss.*, Basel.
- HUTTENLOCHER, H. 1934. — Die Erzlagerstätten der Westalpen. *Beitr. geol. Karte Schweiz*, Geot. Ser., No. 4.
- KUTINA, J., 1950. — The chemism of the ores veins from St. Antony of Pavda gallery near Kutna (Bohemia) based on spectral analyses. *Bull. int. Acad. Sc. Tchéc.*, No. 24.
- LADAME, G., 1935. — Le gisement de galène et spathfluor des Trappistes (Valais). *Mat. géol. Suisse*, sér. géot., livr. 19.
- LINDGREN, W., 1933. — Mineral deposits. McGraw-Hill Bk. Cp., New-York.
- NIGGLI, P., 1941. — Die Systematik der magmatischen Erzlagerstätten. *Schw. Min. Petr. Mitt.*, Bd. 21, pp. 161-172.
- NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J., PARKER, R. L., 1941. — Die Mineralien der Schweizeralpen. Basel.
- OULIANOFF, N., 1928. — Nouvelles observations sur le Mont-Chemin. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 21, pp. 31-33.
- OULIANOFF, N., 1930. — Sur quelques failles et zones de mylonites dans le Catogne. *Eclog. geol. Helv.*, vol. 23, pp. 7-9.

- OULIANOFF, N., 1934. — Origine des amphibolites et tectonique. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. Lausanne, No. 58.
- OULIANOFF, N., 1943. — Pourquoi les Alpes suisses sont pauvres en gîtes métallifères exploitables. Bull. lab. géol. Univ. Lausanne, No. 77.
- OULIANOFF, N., 1944. — Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine. Eclog. geol. Helv., vol. 37, pp. 30-36.
- SCHMIDT, C., 1920. — Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. Mat. géol. Suisse.
- SCHNEIDERHÖHN, H., 1952. — Genetische Lagerstätten Gliederung auf geotektonischer Grundlage. N. Jb. Min., Monatsh., pp. 47-89.
- SCHNEIDERHÖHN, H., RAMDOHR, P., 1931. — Lehrbuch der Erzmikroskopie, Bd. 2, Gebr. Borntraeger, Berlin.
- SIMONS, F. S., 1955. — The Lead-Zinc veins of the Chilete Mining district in Northern Peru. Econ. Geol., vol. 50, pp. 399-419.
- STOIBER, R. E., 1940. — Minor elements in sphalerites. Econ. Geol., vol. 35, pp. 501-519.
- URBAIN, P., 1954. — Données récentes sur la distribution des éléments rares dans les minéraux et dans les roches. Bull. Soc. franç. min. crist., vol. 77.
- WARREN, H. V., THOMPSON, R. M., 1945. — Sphalerites of Western Canada. Econ. Geol., vol. 40, pp. 309-335.
- WEHRLI, L., 1921. — Der Flussspat von Sembrancher im Wallis. Schw. Min. Petr. Mitt., Bd. 1, pp. 160-214.
- De WEISSE, G., 1945. — Rapport sur la mine de spathfluor des Trappistes. Rapp. Aluminium S.A.
- WINCHELL, A. N., 1951. — Elements of optical mineralogy, pt. 2, J. Wiley, New-York.
- LEAD-ZINC SYMPOSIUM, 1948. — Int. geol. Congr. London, 18 th. session, part VII.
-